

## Beschreibung

Verfahren zur Ermittlung der benötigten Aktorenergie für die verschiedenen Einspritzarten eines Aktors einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der benötigten Aktorenergie für die verschiedenen Einspritzarten eines Aktors einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei einem solchen Verfahren sollen Unterschiede in der Einspritzmenge zwischen den Zylindern erkannt und gegebenenfalls adaptiert werden. Gerade für das Erreichen kleiner Einspritzmengen, insbesondere von Voreinspritzmengen, die im Bereich von wenigen Milligramm liegen, ist eine Ermittlung der Aktorenergie entscheidend für die Einhaltung der Abgasemissionen. Bei der Gleichstellung von Injektoren mittels des Aktorsignals müssen stationäre Betriebspunkte in Abhängigkeit vom Einspritzdruck mehrere Sekunden lang (3 bis 4 Sekunden) gehalten werden, um die Aktorenergie der Haupteinspritzung ermitteln zu können. Bei einer aktiven Regelung wird die Zeit zwischen der Ansteuerung des Injektors und des Aktorsignals aller Injektoren auf einen im Kennfeld gespeicherten Wert eingestellt. Da zur sicheren Auswertung eines Aktorsignals größere Einspritzmengen erforderlich sind, kann zur Ermittlung der Aktorenergie nur die Haupteinspritzung herangezogen werden. Diese Energie für die Haupteinspritzung dient als Basis für die Energie der Vor- und Nacheinspritzung.

Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die Voreinspritzung lokale Druckschwankungen in der Injektorzulaufleitung erzeugt. Diese lokalen Druckschwankungen können nicht vom

die Injektoren für jede Einspritzart die gleiche Kraftstoffmenge einspritzen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den übrigen abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die schematische Zeichnung beispielhaft erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 ein Ablaufdiagramm der jeweiligen Aktorenergien der einzelnen Einspritzarten,

Figur 2A den zeitlichen Verlauf des Ansteuersignals,

Figur 2B den zeitlichen Verlauf der lokalen Druckschwankung in der Injektorzulaufleitung,

Figur 2C den zeitlichen Verlauf des Nadelhubs.

Während des Startes wird in Schritt 1 die Funktion im Steuergerät der Brennkraftmaschine initialisiert. Dabei werden abgespeicherte Adaptionswerte geladen. Nachdem die Initialisierung erfolgt ist, wird in Schritt 2 abgewartet, bis bevorzugte Betriebsbedingungen erreicht sind. Zur weiteren Regelung ist es notwendig, dass sich die Brennkraftmaschine in einem stationären Betriebspunkt befindet. So ist beispielsweise die Last, die Drehzahl, die Kühlwassertemperatur konstant. Nachdem die Aktivierungsbedingungen erfüllt sind, wird die Regelung in Schritt 3 aktiviert. In Schritt 4 werden die Einspritzparameter  $i$  eingestellt. Dazu gehören der entsprechende Einspritzdruck und der entsprechende Einspritzzeitpunkt eines entsprechenden Injektors. Nach dem Einstellen des Satzes wird in Schritt 5 die Voreinspritzung zylinderselektiv abge-

schaltet. Dabei wird die Ansteuerenergie der Haupteinspritzung derart verändert, um die Fertigungstoleranzen der Injektoren zu eliminieren. Für den jeweiligen Injektor wird dabei die für die Voreinspritzung benötigte Aktorenergie bestimmt. Nach dieser Regelung ist die Voreinspritzung jedes Injektors identisch. Bei der Beschreibung zu Figur 2 wird darauf näher eingegangen. Nach dieser Regelung wird die Voreinspritzung in Schritt 6 wiedereingeschaltet, um die Ansteuerenergie für die Haupteinspritzung bestimmen zu können (Schritt 7). Die Ansteuerparameter werden für die jeweiligen Einspritzparameter als Satz 1 abgespeichert. Sind die Aktorenergien bzw. die Ansteuerparameter für die verschiedenen Betriebspunkte der Brennkraftmaschine bestimmt worden, so endet die Adaption in Schritt 8.

Die Figur 2 zeigt anhand eines Injektors die Vorgänge beziehungsweise Fehler, die bei lokalen Druckschwankungen auftreten können. Die Zeitachse der Figuren der 2A bis 2C sind identisch.

In Figur 2A wird das Ansteuersignal des Aktors gezeigt. Zwischen den Zeitpunkten  $t_1$ ,  $t_2$  wird ein erstes Ansteuersignal angelegt, das eine Voreinspritzung auslöst. Ab dem Zeitpunkt  $t_3$  bis zum Zeitpunkt  $t_6$  liegt ein zweites Ansteuerungssignal am Aktor an, das die Haupteinspritzung auslöst. Alternativ dazu kann ein weiteres Ansteuerungssignal von  $t'_3$  bis  $t'_6$  angelegt werden, das einen größeren Separationswinkel aufweist als das zweite Ansteuerungssignal. Der Separationswinkel zwischen Voreinspritzung und Haupteinspritzung wird durch die Zeitdifferenz von  $t_3$  (beziehungsweise  $t'_3$ ) und  $t_2$  gebildet. Zur besseren Darstellbarkeit wurden die beiden Ansteuerungssignale der Haupteinspritzung übereinander abgebildet. Beide Haupteinspritzungen haben jedoch die gleiche Amplitude. Wie bereits oben erwähnt erzeugt die Voreinspritzung eine lokale

Druckschwankung, die in Figur 2B gezeigt ist. Beim Start der Voreinspritzung zum Zeitpunkt  $t_1$  reduziert sich der lokale Druck kurzfristig.

Im folgenden werden die beiden Extremfälle beschrieben.

Erster Fall: Der Ansteuerungsbeginn der Haupteinspritzung 10 erfolgt zum Zeitpunkt  $t_3$ . Wie in Figur 2B zu erkennen ist liegt in diesem Fall ein Druckmaximum  $p_1$  (von ca. 1050 Bar) an. Dieser erhöhte Druck bewirkt, dass die Nadel des Injektors schneller öffnet. Das zugehörige Nadelhubsignal ist in Figur 2C als Kurve  $n_1$  gezeigt. Nach einem kurzen hydraulischen Verzug beginnt sich die Nadel zu heben. Im Zeitpunkt  $t_4$  hat die Nadel ihren maximalen Hub  $h_{\max}$  erreicht. Dabei fällt die Spannung  $U_1$  des Ansteuerungssignals 10 auf die Spannung  $U_2$  ab. Dieses Aktorsignal  $S_1$  wird zu früh erzeugt, wobei die Regelung dies als Fertigungstoleranz interpretiert, das heißt, dass dieser Injektor zum Heben der Nadel weniger Energie benötigt statt der tatsächlich erforderlichen Energie. Aufgrund dieser Regelung erhält die Voreinspritzung ein Ansteuerungssignal, das den zu kleinen Nadelhub  $h_1$  erzeugt (siehe Figur 2C).

Zweiter Fall: der Ansteuerungsbeginn der Haupteinspritzung 11 erfolgt zum Zeitpunkt  $t'_3$ . Bei diesem Zeitpunkt liegt ein lokales Druckminimum an  $p_2$  (ca. 950 bar). In diesem Fall öffnet sich die Nadel des Injektors langsamer als im obigen Beispiel. Dies ist in Figur 2C zu erkennen, da die Steigung des Nadelhubs  $n_2$  flacher als die von  $n_1$  ist. Die Nadel wird nach einem kurzen hydraulischen Verzug geöffnet bis zu ihrem maximalen Anschlag bei  $t'_4$ . Zu diesem Zeitpunkt  $t'_2$  wird das Aktorsignal  $S_2$  erzeugt. Da die Differenz zwischen dem Zeitpunkt  $t'_4$  und  $t_3$  größer ist als die Differenz zwischen  $t_4$  und  $t_3$

ist, interpretiert die Regelung, dass dieser Injektor zum Heben der Nadel mehr Energie benötigt. Aufgrund dieser Regelung wird ein Ansteuerungssignal für die Voreinspritzung erzeugt, das den Nadelhub  $h_2$  bewirkt. Dieser Injektor benötigt jedoch nicht einen Nadelhub von  $h_1$  oder  $h_2$  sondern einen idealen Nadelhub von  $h_{ideal}$ , wie in Figur 2C gezeigt ist. Das ideale Ansteuerungssignal für die Voreinspritzung wird dadurch bestimmt, indem das Ansteuerungssignal für die Voreinspritzung abgeschaltet wird, so dass keine lokalen Druckschwankungen erzeugt werden. In diesem Beispiel, beträgt der "normale" Druck 1000 bar.

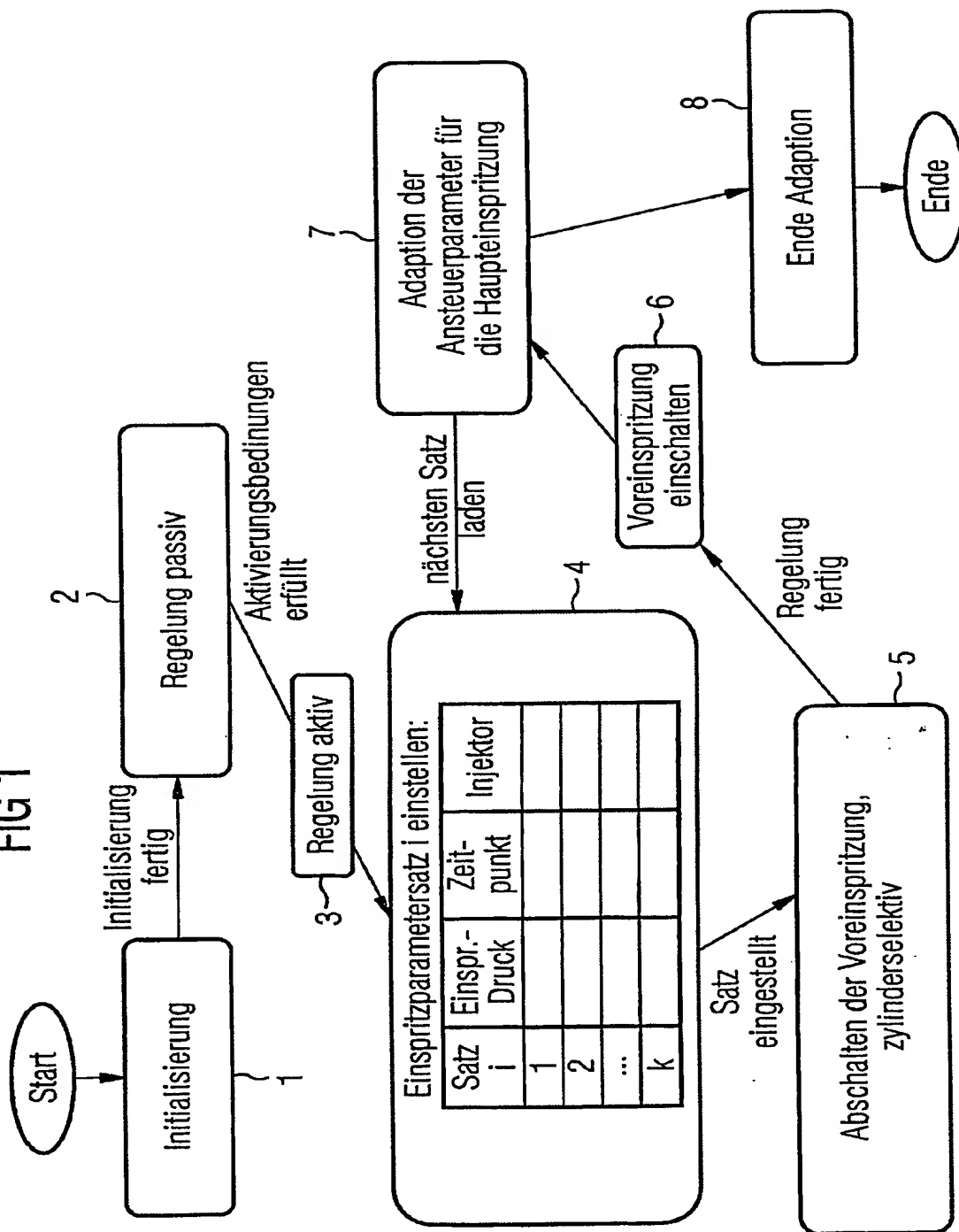
Die Figur 2 zeigt die starke Abhängigkeit des Separationswinkels zwischen Vor- und Haupteinspritzung, das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vermieden werden kann. Durch das Verfahren der separaten Bestimmung der Aktorenergie für die Vor- und Haupteinspritzung können Einspritzmengeschwankungen, welche durch lokale Druckschwankungen im System verursacht werden, fast vollständig kompensiert werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der benötigten Aktorenergien für die verschiedenen Einspritzarten eines Aktors einer Brennkraftmaschine, wobei der Aktor derart mit einem Ansteuersignal beaufschlagt wird, dass dieser ein Aktorsignal ( $S_1$ ,  $S_2$ ) erzeugt, wobei ein Einspritzparameter der Brennkraftmaschine derart eingestellt wird, dass das Aktorsignal zum bestimmten hinterlegten Zeitpunkt ( $t_4$ ,  $t_4'$ ) erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die im Verbrennungszyklus erste Einspritzart abgeschaltet wird, um dessen Aktorenergie aus der zweiten Einspritzart zu bestimmen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Einspritzart wieder eingeschaltet wird, um für die zweite Einspritzart nötige Aktorenergie zu bestimmen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der letzten Einspritzart um eine Voreinspritzung, und bei der zweiten Einspritzart, um eine Haupteinspritzung handelt.
4. Verfahren nach mindestens einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Brennkraftmaschine in einem stationären Betriebszustand befindet.
5. Verfahren nach mindestens einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach jedem Regelungsvorgang der Einspritzdruck der Injektoren geändert wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des Aktorsignals die Haupteinspritzung verändert wird.
7. Verfahren nach mindestens einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Ansteuersignal zum ersten Zeitpunkt ( $t_3$ ) an den einen Injektor angelegt wird, und dass das Aktorsignal ( $S_1$ ) nach einer bestimmten Zeit ( $t_4, t_3$ ) beim zweiten Zeitpunkt ( $t_4$ ) erzeugt wird.
8. Verfahren nach mindestens einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Brennkraftmaschine mit mehrere Injektoren die Differenz der beiden Zeitpunkte ( $t_3, t_4$ ) eines Injektors gleichgroß ist wie die jeweilige Differenz der beiden Zeitpunkte eines anderen Injektors.
9. Verfahren nach mindestens einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der folgenden Größen als Einspritzparameter ausgewählt wird: Ladezeit des Ansteuersignals, Amplitude des Ansteuersignals, Ansteuerdauer und die Aktorenergie.

FIG 1





2/2

FIG 2A

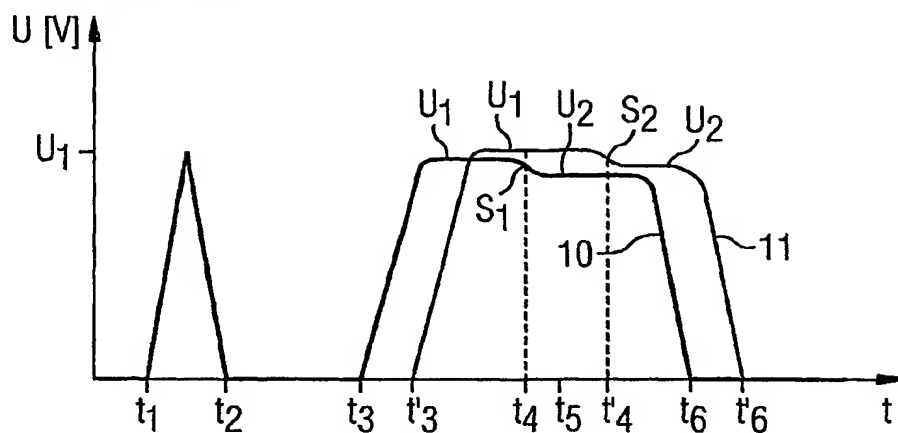


FIG 2B

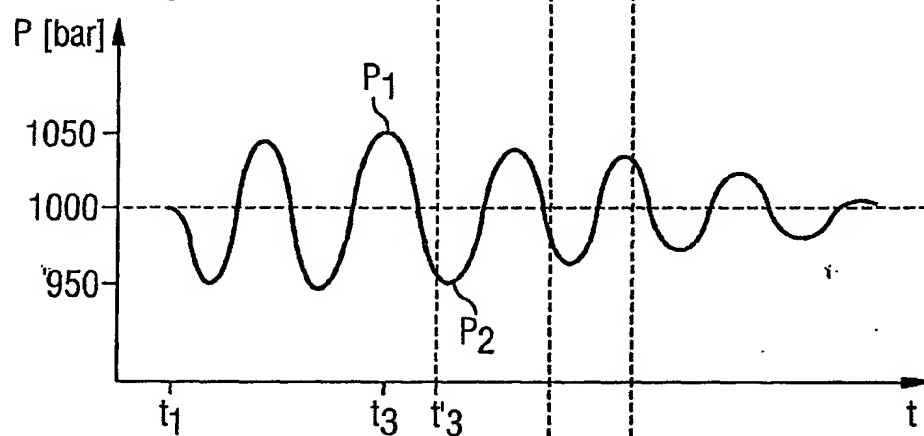
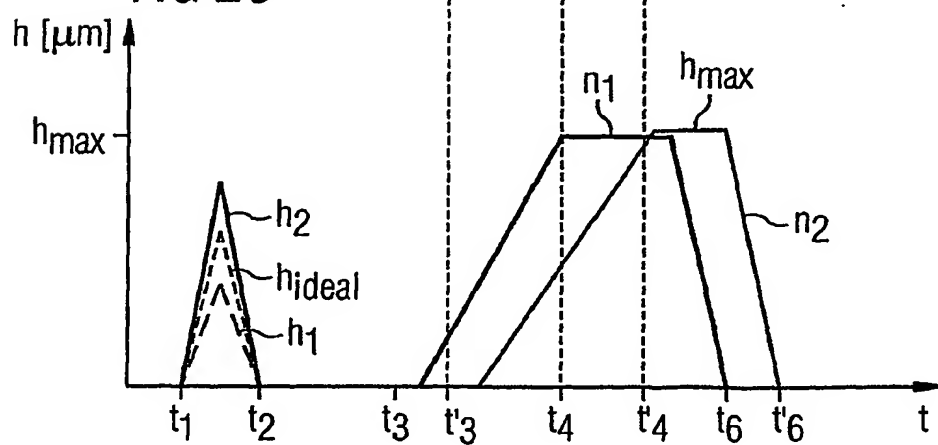


FIG 2C



# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/053615

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F02D41/40 F02D41/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

### B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

### C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 491 027 B1 (FREUDENBERG HELLMUT ET AL) 10 December 2002 (2002-12-10) the whole document	1-9
A	US 2003/066516 A1 (LISKOW UWE) 10 April 2003 (2003-04-10) abstract paragraphs '0007!', '0008!	1-9
A	EP 1 344 923 A (MITSUBISHI JIDOSHA KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 17 September 2003 (2003-09-17) abstract	1-9
A	US 6 311 669 B1 (PRZYMUSINSKI ACHIM ET AL) 6 November 2001 (2001-11-06) abstract	1-9
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

#### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 April 2005

Date of mailing of the international search report

25/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nicolás, C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/053615

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 13, 30 November 1998 (1998-11-30) & JP 10 205383 A (ISUZU MOTORS LTD), 4 August 1998 (1998-08-04) abstract -----	
A	EP 1 318 288 A (DENSO CORPORATION) 11 June 2003 (2003-06-11) abstract -----	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 446 (M-1311), 17 September 1992 (1992-09-17) & JP 04 153530 A (TOYOTA MOTOR CORP; others: 01), 27 May 1992 (1992-05-27) abstract -----	

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/053615

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 6491027	B1	10-12-2002	DE	19945670 A1	05-04-2001
			EP	1087120 A2	28-03-2001
US 2003066516	A1	10-04-2003	DE	10149960 C1	27-02-2003
			JP	2003184690 A	03-07-2003
EP 1344923	A	17-09-2003	JP	2003269228 A	25-09-2003
			CN	1450258 A	22-10-2003
			EP	1344923 A2	17-09-2003
US 6311669	B1	06-11-2001	WO	9947802 A1	23-09-1999
			DE	59901733 D1	18-07-2002
			EP	1064457 A1	03-01-2001
JP 10205383	A	04-08-1998	NONE		
EP 1318288	A	11-06-2003	JP	2003227393 A	15-08-2003
			JP	2003232249 A	22-08-2003
			EP	1318288 A2	11-06-2003
			US	2003106531 A1	12-06-2003
JP 04153530	A	27-05-1992	JP	2808180 B2	08-10-1998

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053615

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 F02D41/40 F02D41/38		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 F02D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 491 027 B1 (FREUDENBERG HELLMUT ET AL) 10. Dezember 2002 (2002-12-10) das ganze Dokument	1-9
A	US 2003/066516 A1 (LISKOW UWE) 10. April 2003 (2003-04-10) Zusammenfassung Absätze '0007!, '0008!	1-9
A	EP 1 344 923 A (MITSUBISHI JIDOSHA KOGYO KABUSHIKI KAISHA) 17. September 2003 (2003-09-17) Zusammenfassung	1-9
A	US 6 311 669 B1 (PRZYMUSINSKI ACHIM ET AL) 6. November 2001 (2001-11-06) Zusammenfassung	1-9
-/-		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie</span> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="width: 50%;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder dies aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div> </div>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
12. April 2005		25/04/2005
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Beauftragter  Nicolás, C

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053615

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 13, 30. November 1998 (1998-11-30) & JP 10 205383 A (ISUZU MOTORS LTD), 4. August 1998 (1998-08-04) Zusammenfassung -----	
A	EP 1 318 288 A (DENSO CORPORATION) 11. Juni 2003 (2003-06-11) Zusammenfassung -----	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 016, Nr. 446 (M-1311), 17. September 1992 (1992-09-17) & JP 04 153530 A (TOYOTA MOTOR CORP; others: 01), 27. Mai 1992 (1992-05-27) Zusammenfassung -----	

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053615

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6491027	B1	10-12-2002	DE	19945670 A1	05-04-2001
			EP	1087120 A2	28-03-2001
US 2003066516	A1	10-04-2003	DE	10149960 C1	27-02-2003
			JP	2003184690 A	03-07-2003
EP 1344923	A	17-09-2003	JP	2003269228 A	25-09-2003
			CN	1450258 A	22-10-2003
			EP	1344923 A2	17-09-2003
US 6311669	B1	06-11-2001	WO	9947802 A1	23-09-1999
			DE	59901733 D1	18-07-2002
			EP	1064457 A1	03-01-2001
JP 10205383	A	04-08-1998	KEINE		
EP 1318288	A	11-06-2003	JP	2003227393 A	15-08-2003
			JP	2003232249 A	22-08-2003
			EP	1318288 A2	11-06-2003
			US	2003106531 A1	12-06-2003
JP 04153530	A	27-05-1992	JP	2808180 B2	08-10-1998